



#6

## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 101 02 870.9

**Anmeldetag:** 23. Januar 2001

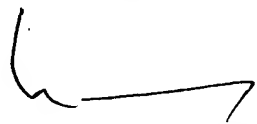
**Anmelder/Inhaber:** Siemens Aktiengesellschaft, München/DE

**Bezeichnung:** Nutzelement und Verfahren zum Ausgleich  
von Verkippungen

**IPC:** H 04 J, H 04 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 07. Dezember 2001  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
Der Präsident  
Im Auftrag

  
Hoiß

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## Beschreibung

## Netzelement und Verfahren zum Ausgleich von Verkippungen

5 Die Erfindung betrifft ein Netzelement und ein Verfahren zum  
Ausgleich von Verkippungen in Datenübertragungsstrecken eines  
Wellenlängenmultiplex-Systems für optische Datenübertragungs-  
signale mit mindestens einem Eingang für ein optisches N-  
kanaliges Eingangssignal und mindestens einen Ausgang für ein  
10 verändertes N-kanaliges Ausgangssignal.

Es ist bekannt, die Verkippung und gegebenenfalls die Wellig-  
keit optischer Datenübertragungssignale über ihre Frequenz  
durch den Einsatz von Elementen, durch die das gesamte Fre-  
15 quenzspektrum des Signals eines WDM-Systems läuft, insgesamt  
zu kompensieren. Hierbei zeigt sich, daß eine solche Kompen-  
sation so ungenügend ist, daß aufgrund der ungenügenden Dyna-  
mik schon nach einem Durchlauf von 6 bis 10 optischen Ver-  
stärkern in einer Datenübertragungsstrecke bereits Netzele-  
20 mente zum Ausgleich der Verkippung und Welligkeit eingesetzt  
werden müssen.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung Netzelemente mit verbes-  
serter Dynamik zu finden.

25 Die Aufgabe der Erfindung wird die Merkmale des Anspruches 1  
gelöst.

Demnach schlägt der Erfinder ein Netzelement zum Ausgleich  
30 von Verkippungen und Welligkeiten in Datenübertragungsstre-  
cken eines Wellenlängenmultiplex-Systems für optische Daten-  
übertragungssignale mit mindestens einem Eingang für ein op-  
tisches N-kanaliges Eingangssignal und mindestens einen Aus-  
gang für ein verändertes N-kanaliges Ausgangssignal vor, das  
35 dahingehend verbessert ist, daß mindestens ein Demultiplexer  
zur frequenzabhängigen Aufteilung des Eingangssignals in eine  
Vielzahl Pfade für einzelne Subbänder, je Pfad mindestens ein

Verstärker und mindestens ein Multiplexer zur Zusammenführung der getrennten Bänder, vorgesehen sind.

Hierdurch wird eine wesentlich höhere Dynamik erreicht, da es nun beispielsweise möglich ist, durch eine individuelle Einstellung oder Voreinstellung der einzelnen Verstärker auf die jeweilige Form der Verkippung mit unterschiedlicher Steigung oder auf eine Welligkeit mit Steigungen mit unterschiedlichen Vorzeichen einzugehen und diese zu kompensieren. Dabei ist es nun sogar möglich auch eine Welligkeit im Signal über die Frequenz auszugleichen.

Vorteilhaft kann das erfindungsgemäße Netzelement auch derart ausgestaltet sein, daß jeder Verstärker eine individuelle Steuerung oder Regelung aufweist. Das Regelsignal kann am Ende der Übertragungsstrecke mittels eines optischen Spektrumanalysers (OSA) gewonnen und über einen optischen Überwachungskanal (OSC: Optical Supervisory Channel) an die einzelnen Netzelemente verteilt werden.

Da die einzelnen Verstärker in den Pfaden in erster Näherung lediglich eine gleichmäßige Anhebung oder Absenkung des Signals in ihrem individuellen Pfad erzeugen, ist es weiterhin vorteilhaft, wenn mindestens ein Pfad, vorzugsweise alle Pfade, ein dispersionskompensierendes Mittel (DCM: Dispersion Compensating Module) aufweist beziehungsweise aufweisen. Hieraus ergibt sich ein optimaler Ausgleich jeglicher Welligkeit, Verkippung und Dispersion des gesamten Datenübertragungssignals und damit eine wesentlich geringere Übertragungsfehlerrate.

Erfindungsgemäß kann das Netzelement zusätzlich vor dem Demultiplexer einen gemeinsamen, über das gesamte Spektrum des Datenübertragungssignals wirkenden, Verstärker aufweisen. Hierdurch wird erreicht, daß die technisch aufwendige Vorverstärkung in einem gemeinsamen Verstärker erfolgen kann und dieser somit nur einmal erforderlich ist. Von den schmalban-

digen Einzelverstärkern muß dann nur noch eine relativ geringe Verstärkungsleistung erbracht werden, wodurch diese mit erheblich geringerem technischen Aufwand realisierbar sind.

- 5 Entsprechend kann auch nach dem Multiplexer ein gemeinsamer, über das gesamte Spektrum des Datenübertragungssignals wirkender, Verstärker angeordnet sein. Dieser kann die gemeinsame Leistungsverstärkung des Signals übernehmen, so daß diese technisch aufwendige Stufe ebenfalls nur einmal erforderlich ist und die Einzelverstärker wiederum nur erheblich geringeren technischen Aufwand erfordern.

- 15 Außerdem kann vor dem Demultiplexer und/oder nach dem Multiplexer je ein gemeinsames, über das gesamte Spektrum des Datenübertragungssignals wirkendes, dispersionskompensierendes Mittel (DCM) angeordnet werden. Hierdurch kann die notwendige Wirkung der pfadindividuellen dispersionskompensierenden Mittel vermindert werden.

- 20 Vorteilhaft ist es weiterhin, wenn die Aufspaltung der Frequenzen im Demultiplexer derart erfolgt, daß K Pfade mit m Kanälen entstehen, wobei  $N=K*m$  mit m größer gleich 1 gilt und N die Gesamtzahl der Kanäle darstellt. Hierbei wird also entweder mit  $m=1$  auf jeden Pfad jeweils ein Kanal aufgeteilt, oder mit m größer gleich 2 ein kleines Frequenzband, welches mehrere Kanäle enthält, je Pfad übertragen.

- Es ist auch darauf hinzuweisen, daß es möglich ist, sowohl eine gleiche als auch eine unterschiedliche Anzahl an Kanälen in den einzelnen Pfaden zu übertragen.

- Des weiteren schlägt der Erfinder auch eine Datenübertragungstrecke mit einem Sender, einem Empfänger und einer Vielzahl von zwischengeschalteten Verstärkern vor, welche mindestens ein erfindungsgemäßes Netzelement enthält.

Entsprechend dem zugrundeliegenden Erfindungsgedanken wird außerdem vorgeschlagen, das bekannte Verfahren zum Ausgleich von Verkippungen in Datenübertragungsstrecken eines Wellenlängenmultiplex-Systems für optische Datenübertragungssignale dahingehend zu verbessern, daß das Frequenzband des optischen Datenübertragungssignals in eine Vielzahl kleiner Subbänder aufgespalten wird, wobei jedes Subband individuell so verstärkt oder gedämpft wird, daß nach einer Zusammenführung der einzelnen Subbänder eine ursprünglich bestehende Verkippung oder Welligkeit weitgehend ausgeglichen ist.

Zusätzlich kann je Subband auch eine Dispersionskorrektur stattfinden.

- 15 Sowohl die individuelle Verstärkung als auch die individuelle Verkippungsbeeinflussung kann entweder gesteuert oder geregelt werden, so daß eine optimale dynamische Anpassung an die jeweiligen Verhältnisse möglich ist.
- 20 Vorteilhaft ist es bei diesem Verfahren weiterhin, wenn das gesamte Datenübertragungssignal mit insgesamt  $N$  Kanälen auf  $K$  Subbänder mit jeweils  $m$  Kanälen aufgespalten wird, wobei  $N=K*m$  gilt, mit  $m$  größer gleich 1.
- 25 Erfindungsgemäß wird außerdem vorgeschlagen, eine Datenübertragungsstrecke mit den beschriebenen Netzelementen derart auszustatten, daß nach mehreren Netzelementen eine Meßstelle zur Bestimmung der Verkippung angeordnet ist, wobei von dieser Meßstelle Regelinformationen an die vorgeschalteten steuerbaren Netzelemente übertragen werden und durch individuelle Veränderung der Verstärkerleistungen in den einzelnen Pfaden und Subbändern der Grad der Verkippung geregelt wird. Vorzugsweise sollte mindestens eine Meßstelle oder die einzige Meßstelle am Ende der Datenübertragungsstrecke angeordnet werden.
- 30
- 35

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen sind aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele ersichtlich.

5 Die Figuren zeigen im Einzelnen:

Figur 1: Einfaches erfindungsgemäßes Netzelement mit einzelnen Verstärkern je Pfad;

10 Figur 2: Netzelement gemäß Figur 1 mit zusätzlichen einzelnen EDFAs je Pfad;

Figur 3: Netzelement gemäß Figur 2 mit zwei zusätzlichen Verstärkerelementen;

Figur 4: Netzelement gemäß Figur 3 mit zusätzlichem gemeinsamen DCM;

15 Figur 5: Datenübertragungsstrecke mit erfindungsgemäßen Netzelementen und kaskadierten Verstärkerelementen;

Figur 6: Netzelement gemäß Figur 4 mit zusätzlichem Steuer/Regeleingang für die einzelnen Verstärker;

20 Figur 7: Datenübertragungsstrecke mit Netzelementen der Figur 6 und kaskadierten Verstärkerelementen;

Figur 8: Grafische Darstellung der Verkipfung und Welligkeit eines unbehandelten Datensignals;

25 Figur 9: Grafische Darstellung des ausgleichenden Effektes der erfindungsgemäßen Netzelemente bei Anwendung auf das Datensignal aus Figur 8.

Die Figur 1 zeigt die einfachste Version des erfindungsgemäßen Netzelementes 1 mit einem Eingang 2 und einem Ausgang 3. Das Datensignal wird über den Eingang 2 zu einem Demultiplexer 4 geführt, wo das Datensignal in K Subbänder aufgespalten wird und jedes Subband durch einen individuell zugeordneten Verstärker 6.1 - 6.K so verstärkt wird, daß ein Ausgleich einer bestehenden Verkipfung des eingehenden Datensignales über die gesamte Bandbreite des gesamten Signales entsteht. Anschließend werden die Subbänder dem Multiplexer 5 zugeleitet, der diese zusammenführt und zum Ausgang 3 des Netzelementes 1 leitet.

Eine verbesserte Form des erfindungsgemäßen Netzelementes 1 ist in der Figur 2 dargestellt. Hier befinden sich zusätzlich zu den Verstärkerelementen 6.1 - 6.K in jedem Pfad 16.1 - 16.K jeweils eine dispersionskompensierendes Element (DCM) 7.1 bis 7.K mit denen die gegebenenfalls noch verbleibende Restdispersion in den einzelnen Subbänder ausgeglichen werden kann, so daß eine weitere Verbesserung des Datensignals erfolgt.

Die Figur 3 zeigt eine zusätzliche Variante eines erfindungsgemäßen Netzelementes 1, wobei zusätzlich zur Verbesserung der Dynamik vor dem Demultiplexer 4, ein Verstärker 8 und nach dem Multiplexer 5 ebenfalls ein Verstärker 9 angeordnet sind.

Des weiteren zeigt die Figur 4 ein erfindungsgemäßes Netzelement 1 aus der Figur 3, jedoch mit einer weiteren dispersionskompensierendem Element 10 zwischen dem Demultiplexer 4 und dem Verstärkerelement 9.

Die Verwendung des erfindungsgemäßen Netzelementes 1 in einer Datenübertragungsstrecke mit kaskadierten Verstärkern ist in der Figur 5 dargestellt, in der von einem Sender 11 ausgehend eine Vielzahl von seriell hintereinander geschalteten Verstärkerelementen 12 mit mehreren dazwischen angeordneten erfindungsgemäßen Netzelementen zu einem Empfänger 13 führen.

Die Figur 6 zeigt eine weitere Variante eines erfindungsgemäßen Netzelementes 1. Dieses Netzelement 1 weist im wesentlichen die Struktur des in Figur 4 dargestellten Netzelementes auf und verfügt zusätzlich über einen Eingang 14 mit K-Kanälen zur individuellen Ansteuerung der K Verstärker 6.1 - 6.K in den einzelnen Pfaden zur individuellen Beeinflussung der Verstärkung in den einzelnen Subbändern.



Beispielhaft kann es sich hierbei um die Eingänge eines optischen Überwachungskanal (OSC: Optical Supervisory Cannal) handeln, wie er in der nachfolgenden Figur 7 dargestellt ist.

5 Diese Figur 7 zeigt eine Datenübertragungsstrecke, zwischen einem Sender und einem Empfänger 13 mit einer Vielzahl von kaskadierten Verstärkern 12, zwischen die - zur Regelung der Verkippung - steuerbare Netzelemente mit Steuereingängen 14 dargestellt sind. Die Steuereingänge 14 werden durch einen  
10 optischen Überwachungskanal gespeist, der sich über die gesamte Datenübertragungsstrecke erstreckt und dessen Steuer-signale über einen optischen Spektrumanalyser (OSA) 15 am Ende der Datenübertragungsstrecke gewonnen wird.

15 Es ist darauf hinzuweisen, daß in gleicher Weise auch die Netzelemente der einfacheren Ausführungen nach den Figuren 1 bis 3 oder andere Kombinationen der dort dargestellten Merkmale mit entsprechenden Steuereingängen versehen werden können und ähnliche Datenübertragungsstrecken aufgebaut werden  
20 können.

Durch diese Art der Ausgestaltung einer Datenübertragungsstrecke, besteht nun die Möglichkeit auf einfache Weise zeitliche Schwankungen in der Verkippung beziehungsweise Welligkeit der Datenübertragungsstrecke auszugleichen.  
25

Zur Verdeutlichung ist nochmals in den Figuren 8 und 9 der Ausgleich der Verkippung und der Welligkeit eines solchen Datenübertragungssignals gezeigt.

30

In der Figur 8 ist auf der Ordinate die Intensität  $I$  der, auf der Abszisse aufgetragenen, einzelnen Subbänder mit steigender Wellenlänge beziehungsweise der Kanäle  $K$  durch Pfeile dargestellt und die mittlere Verkippung der Intensitäten mit dem Winkel  $\alpha$  angegeben. Um den Mittelwert der Verkippung -  
35 dargestellt über die gestrichelt angezeigt schräge Gerade  $A$  - weisen die Intensitäten  $I$  zusätzlich eine Abweichung auf, die

als Welligkeit bezeichnet wird, deren Wert beispielsweise am Kanal K-1 mit W angegeben ist.

5 Da bei dem erfindungsgemäßen Netzelement die Verstärkung der einzelnen Kanäle auf den Pfaden 16.1 - 16.K über die Verstärker 6.1 - 6.K individuell einstellbar ist, kann die Verstärkungsleistung je Kanal beziehungsweise Pfad so eingestellt werden, daß sich nach dem Durchlaufen eines Netzelementes mit den einzelnen, individuell geregelten Verstärkern ein Aus-  
10 gleich der Verkippung - wie in der Figur 9 dargestellt - einstellt.

Durch die Verwendung des erfindungsgemäßen Netzelementes ist es möglich gegenüber dem Stand der Technik eine wesentlich  
15 höhere Anzahl an kaskadierten, zwischengeschalteten Verstärkern 12 einzusetzen, bis ein Ausgleich der Verkippung durch die Netzelemente stattfindet.

Es versteht sich, daß die vorstehend genannten Merkmale der  
20 Erfindung nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen.

Insgesamt beschreibt also die Erfindung ein optisches Netzelement, eine optische Datenübertragungsstrecke und ein Ver-  
25 fahren zur Verkippungs- und Welligkeitskompensation durch Aufspaltung des Datensignals in Subbänder und individuelle Verstärkung der Subbänder, wodurch eine wesentlich verbesserte Ausgleichsdynamik erreicht wird.

## Patentansprüche

1. Netzelement zum Ausgleich von Verkippungen in Date  
übertragungsstrecken eines Wellenlängenmultiplex-Systems für  
5 optische Datenübertragungssignale mit mindestens einem Ein-  
gang für ein optisches N-kanaliges Eingangssignal und mindes-  
tens einen Ausgang für ein verändertes N-kanaliges Ausgangs-  
signal,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
10 dass mindestens ein Demultiplexer (4) zur frequenzabhängigen  
Aufteilung des Eingangssignals in eine Vielzahl Pfade (16.x)  
für einzelne Subbänder, je Pfad (16.x) mindestens ein Ver-  
stärker (6.x) und mindestens ein Multiplexer (5) zur Zusam-  
menführung der getrennten Bänder vorgesehen sind.

15 2. Netzelement gemäß dem voranstehenden Anspruch 1,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass jeder Verstärker (6.x) eine individuelle Steuerung oder  
Regelung aufweist.

20 3. Netzelement gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 1  
bis 2,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass mindestens ein Pfad (16.x), vorzugsweise alle Pfade, ein  
25 dispersionskompensierendes Mittel (7.x) aufweist/aufweisen.

4. Netzelement gemäß dem voranstehenden Anspruch 3,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass die Verstärker (6.x) EDFA sind, die vorzugsweise indivi-  
30 duell gesteuert oder geregelt ausgeführt sind.

5. Netzelement gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 1 bis 4,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass vor dem Demultiplexer (4) ein gemeinsamer, über das gesamte Spektrum des Datenübertragungssignals wirkender, Verstärker (8) angeordnet ist.

6. Netzelement gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 1 bis 5,

10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass nach dem Multiplexer (5) ein gemeinsamer, über das gesamte Spektrum des Datenübertragungssignals wirkender, Verstärker (9) angeordnet ist.

15 7. Netzelement gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 1 bis 6,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass nach dem Multiplexer (5) ein gemeinsames, über das gesamte Spektrum des Datenübertragungssignals wirkendes, dispersionskompensierendes Mittel (10) angeordnet ist.

8. Netzelement gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 1 bis 7,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

25 dass K Pfade (16.x) mit m Kanälen vorgesehen ist, wobei  $N=K*m$  gilt, mit m größer gleich 1.

9. Datenübertragungsstrecke mit einem Sender (11), einem Empfänger (13) und einer Vielzahl von zwischengeschalteten

30 Verstärkerelementen (12),

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass mindestens ein Netzelement (1) mit den Merkmalen gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 1 bis 8 vorgesehen ist.

10. Datenübertragungsstrecke gemäß dem voranstehenden Anspruch 9,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass nach mehreren Netzelementen (1) eine Meßvorrichtung (15)

5 zur Bestimmung der Verkippung angeordnet ist, von welcher Regelinformationen an vorgeschaltete steuerbare Netzelemente (1) übertragen werden können um den Grad der Verkippung zu regeln.

10 11. Verfahren zum Ausgleich von Verkippungen in Datenübertragungsstrecken eines Wellenlängenmultiplex-Systems für optische Datenübertragungssignale,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass das Frequenzband des optischen Datenübertragungssignals

15 in eine Vielzahl kleiner Subbänder aufgespalten wird, wobei jedes Subband individuell so verstärkt oder gedämpft wird, daß nach einer Zusammenführung der einzelnen Subbänder eine ursprünglich bestehende Verkippung oder Welligkeit weitgehend ausgeglichen ist.

20

12. Verfahren gemäß dem voranstehenden Anspruch 11,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

20 dass eine Steuerung oder Regelung der Verstärkung vorgenommen wird.

25

13. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 11 bis 12,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass je Subband auch Verkippungsbeeinflussung, vorzugsweise

30 mit einem EDFA, stattfindet.

14. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 11 bis 13,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die eine Steuerung oder Regelung der Verkippungsbeein-  
5 flussung vorgenommen wird.

15. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 11 bis 14,  
dadurch gekennzeichnet,  
10 dass das gesamte Datenübertragungssignal mit insgesamt  $N$  Kanälen auf  $K$  Subbänder mit jeweils  $m$  Kanälen aufgespalten wird, wobei  $N=K*m$  gilt, mit  $m$  größer gleich 1.

## Zusammenfassung

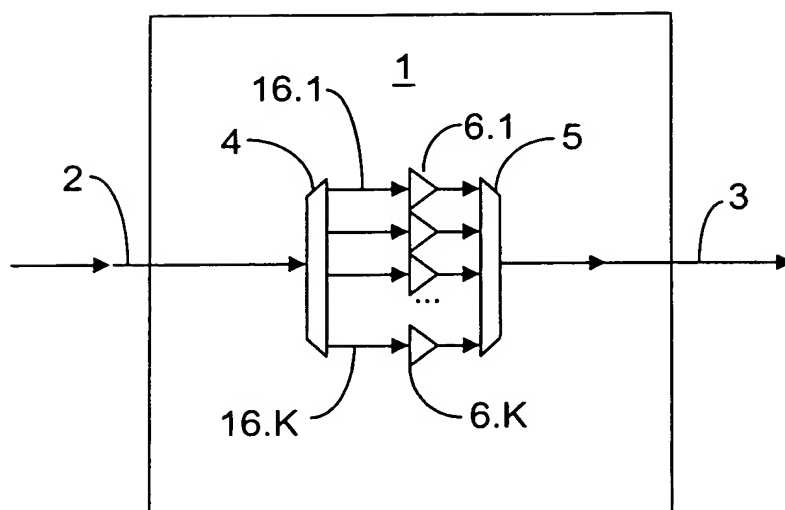
Netzelement und Verfahren zum Ausgleich von Verkippungen.

- 5 Die Erfindung beschreibt ein optisches Netzelement, eine optische Datenübertragungsstrecke und Verfahren zur Verkippungs- und Welligkeitskompensation durch Aufspaltung des Datensignals in Subbänder und individuelle Verstärkung der Subbänder.

10

Figur 1

Fig. 1





## Bezugszeichenliste

1	Netzelement
2	Eingang
3	Ausgang
4	Demultiplexer
5	Multiplexer
6.1 - 6.K	Verstärker (EDFA)
7.1 - 7.K	dispersionskompensierender Faser
8	Verstärker
9	Verstärker
10	dispersionskompensierendes Mittel
11	Sender
12	Verstärkerelement
13	Empfänger
14	Steuereingang
15	Spektrumanalyser / Meßvorrichtung
16.1 - 16.K	Pfad

Fig. 1

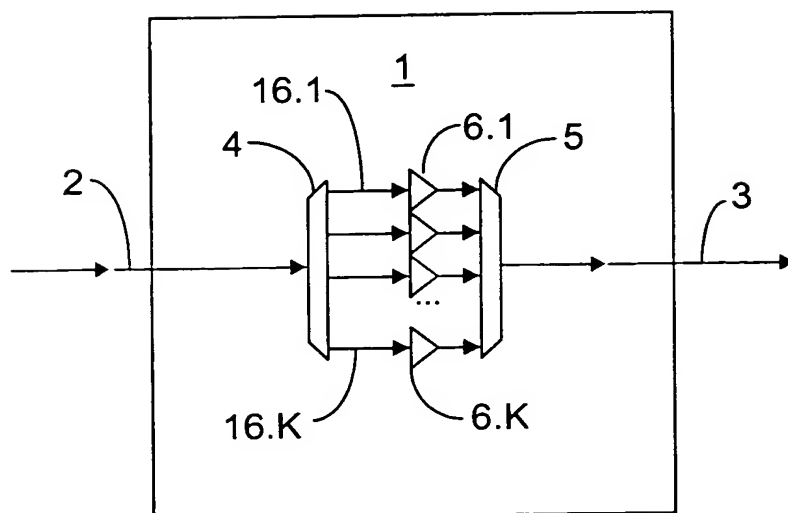


Fig. 2

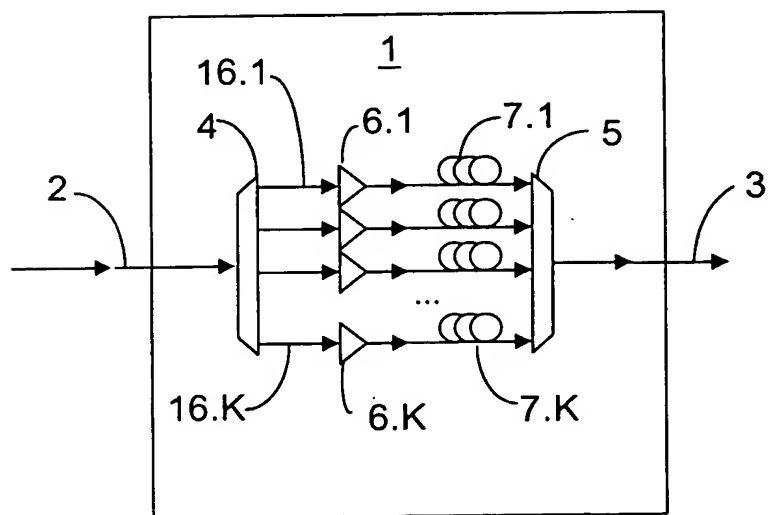


Fig. 3

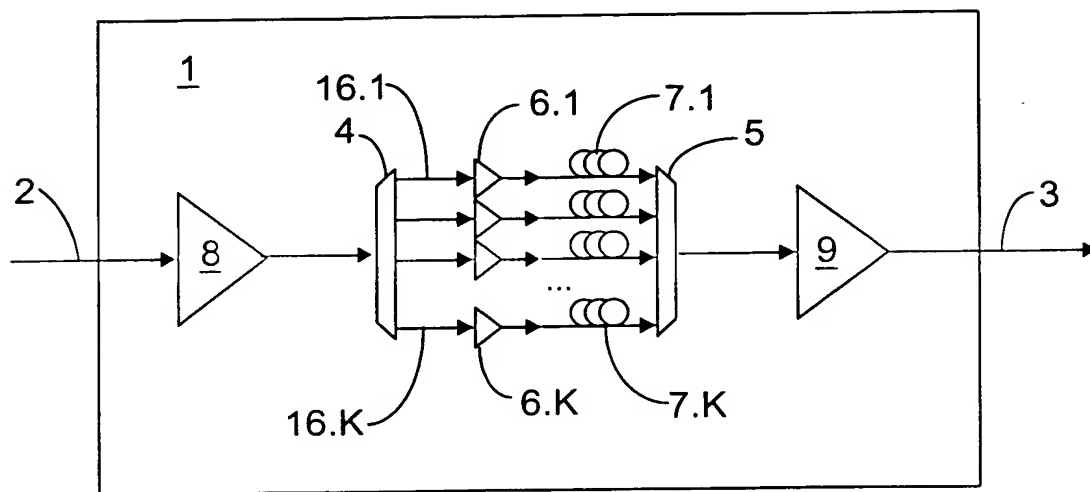


Fig. 4

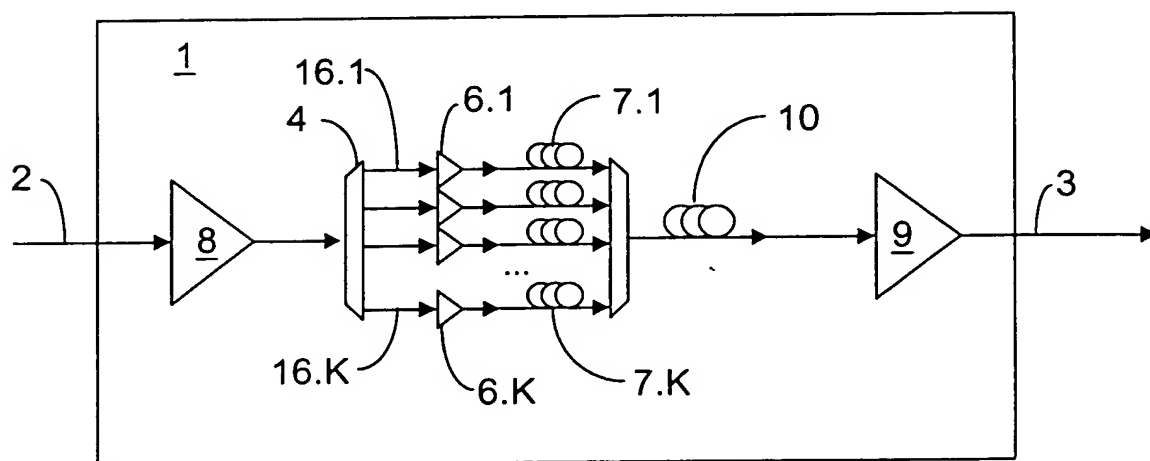


Fig. 5

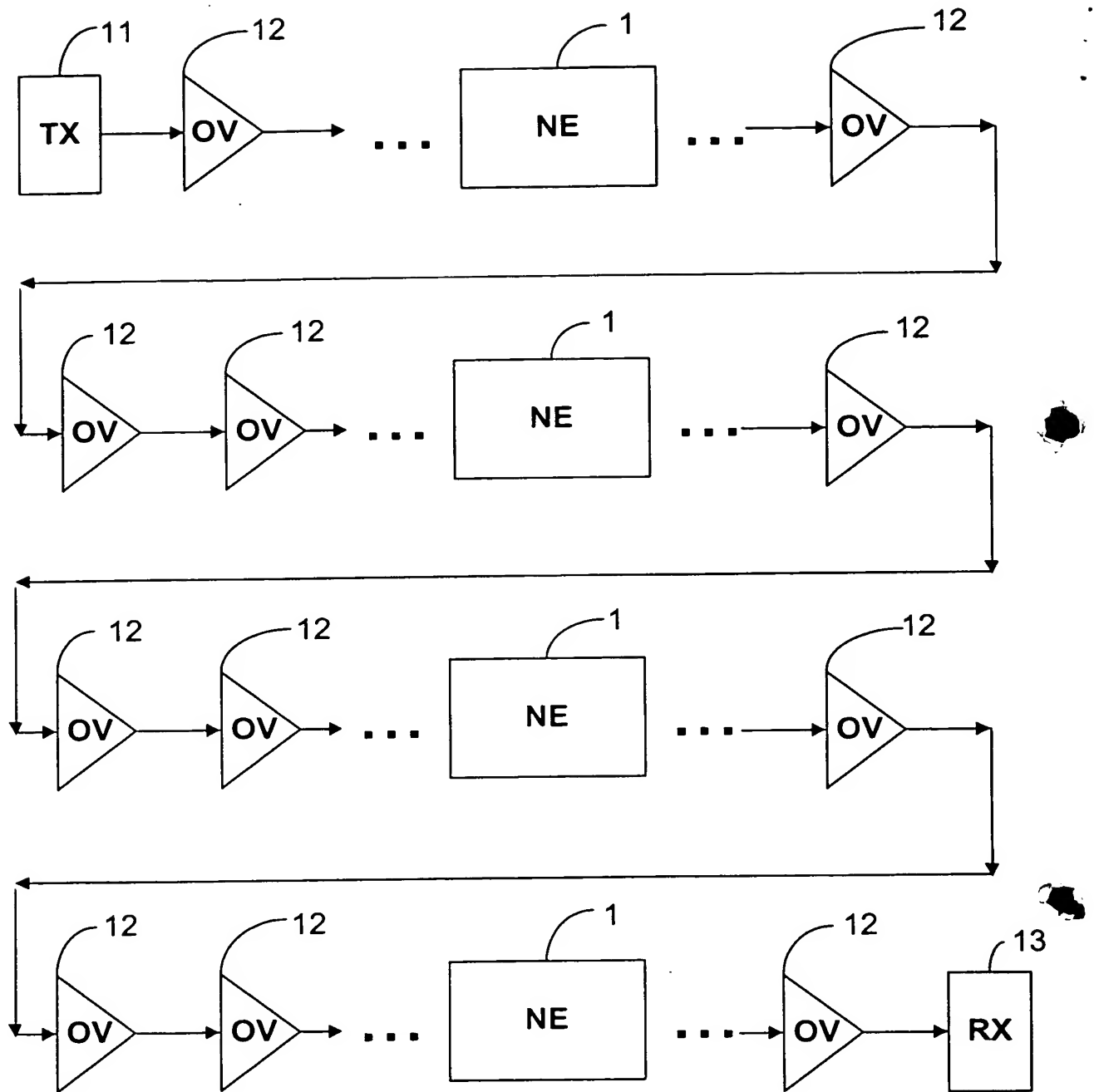


Fig. 6

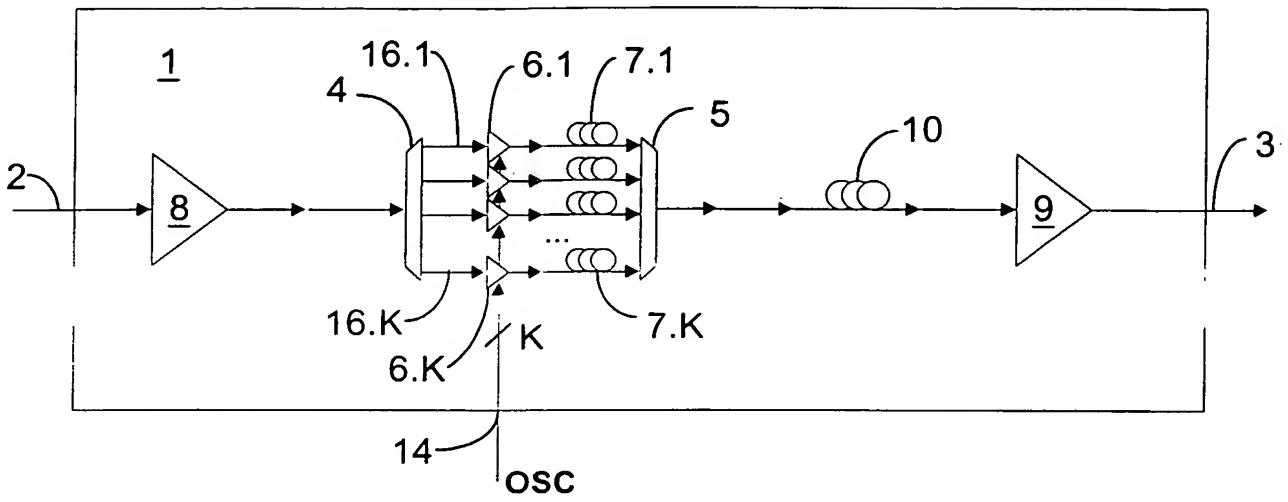


Fig. 7

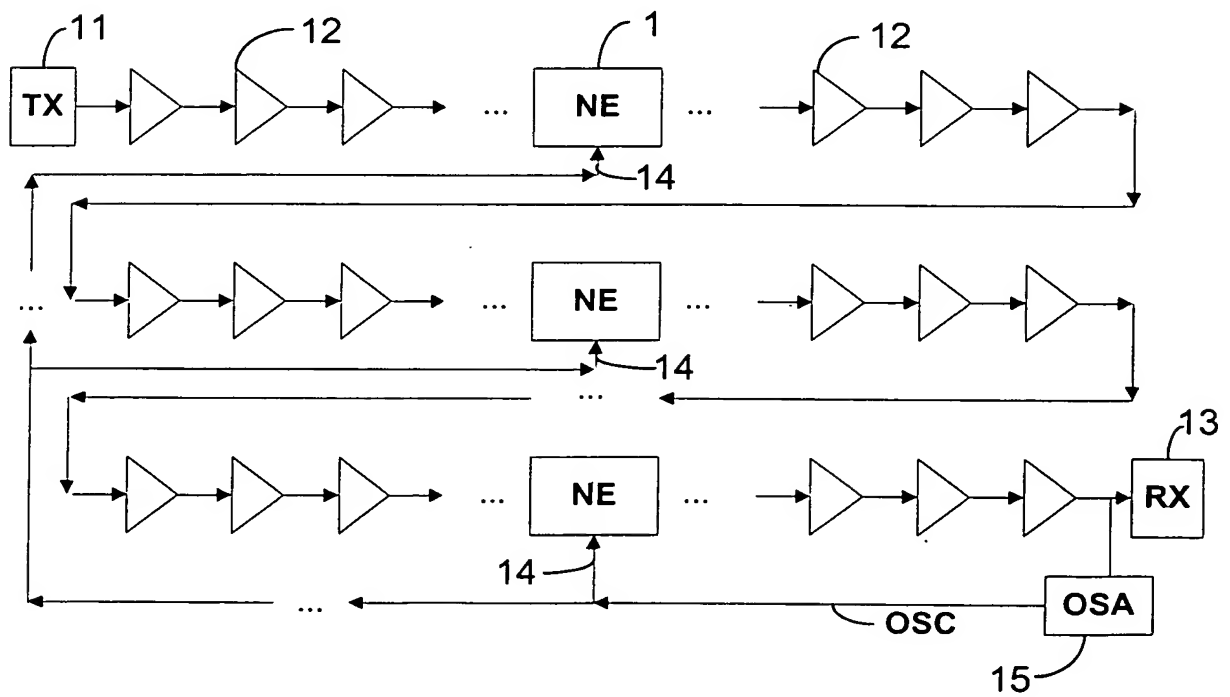


Fig. 8

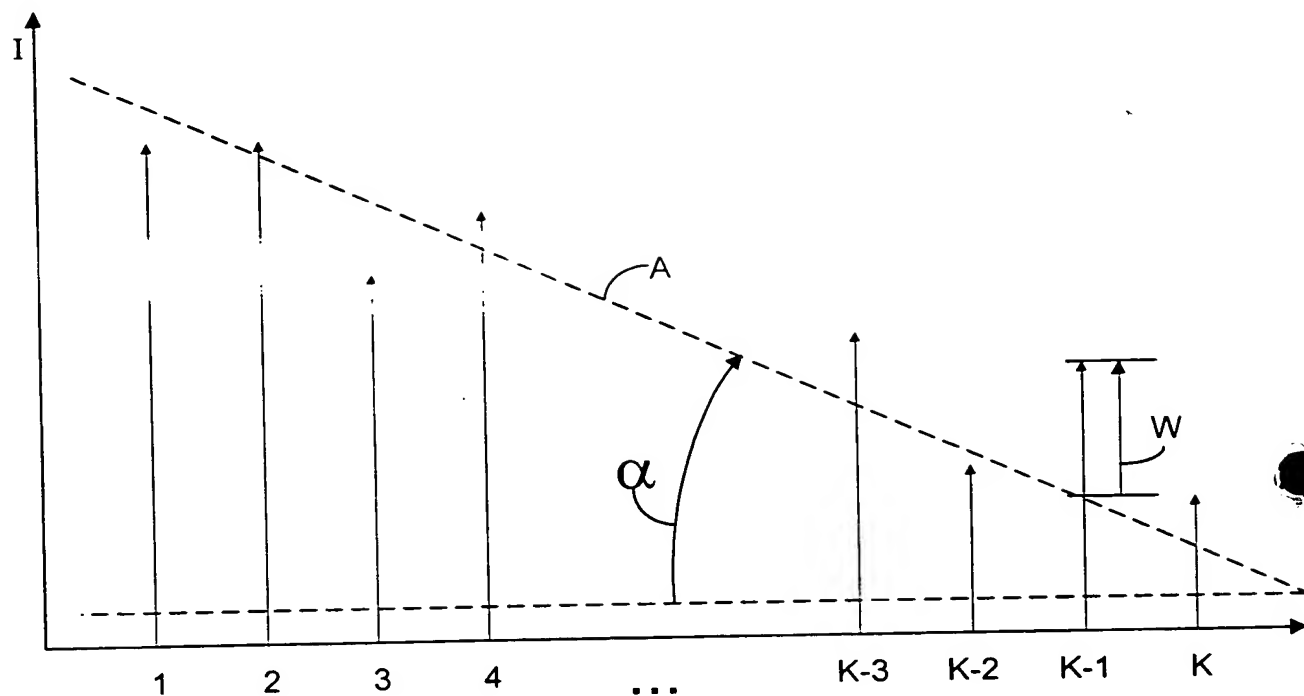


Fig. 9

